

Бабенко Н.Г.¹ учениця, наук. кер. Кагляк О.Д.² к.т.н., доц, Мельник-Кагляк Н.О.³, Головка Л.Ф., д.т.н., проф.²

¹ЗОШ м. Києва №6

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: Kaglyak_o@meta.ua

³Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля, м. Київ, e-mail: n.o.melnyk@gmail.com

ГОЛОВКА КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА БАГАТОШАРОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ПАРІ З'ЄДНАННЯ КЕРАМІКА-МЕТАЛ

Ендопротезування великих суглобів є на сьогодні найбільш прогресивним методом хірургічного лікування уражених суглобів, ефективним і часто єдиним способом повноцінного відновлення втраченої функції кінцівки при різних захворюваннях і ушкодженнях. Метод дуже швидко розвивається і знаходить все більше застосування в ортопедичній практиці.

Мета: Розробити конструкцію ендопротезу кульшового суглобу багатошарової конструкції підвищеної надійності з високими експлуатаційними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз матеріалів, що використовують для виготовлення ендопротезів; 2. Провести аналіз конструкцій; 3. Розробити конструкцію ендопротеза, яка б поєднувала переваги та усувала недоліки інших відомих конструкцій; 4. Провести аналіз та моделювання напружено-деформованого стану головки кульшового суглобу в умовах робочих навантажень.

Для виготовлення ендопротезів кульшового суглоба, використовуються наступні пари тертя [1,2]: кераміка-поліетилен, метал-метал, кераміка-кераміка. Короткий аналіз переваг та недоліків яких, представлено в табл.1. Керамічні матеріали мають найвищу стійкість до зношування, і є найменш токсичними з перерахованих. Однак, їх використання обмежене ризиком крихкого руйнування.

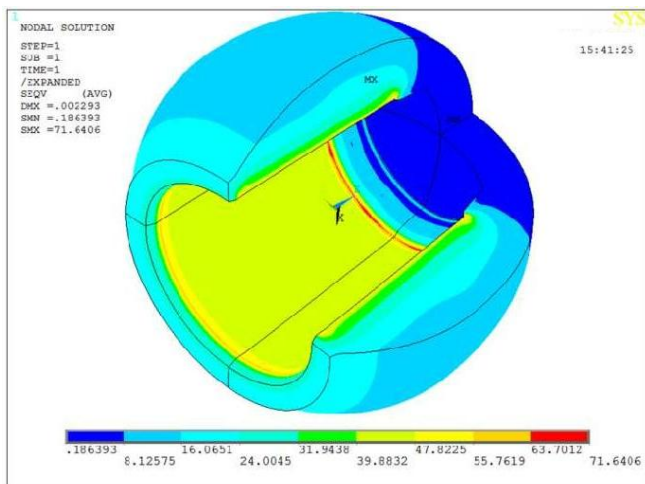
Для усунення цих обмежень та зниження ризику руйнування, було проведено аналіз напружено-деформованого стану головки ендопротезу в умовах робочих навантажень, та розроблена багатошарова конструкція головки ендопротезу кульшового суглобу.

Картина максимальних напружень та їх місце розташування на керамічному елементі головки (рис. 1а) в районі сполучення з конусом Морзе зайвий раз підтверджує небезпечне місце руйнування кераміки, коли напруження з боку внутрішньої поверхні сприяють її розриву. В елементі головки виготовленій у вигляді оболонки (рис. 1, б) максимальні напруження

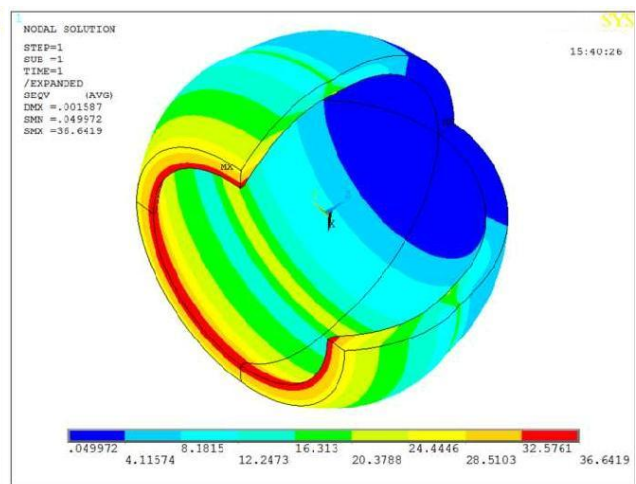
виявилися розташовані в околі вихідного отвору, тобто необхідно посилювати цю зону. Натомість, в інших зонах концентрація напружень відсутня, а також відсутній і тиск в цьому місці на контактну поверхню, що підтверджує безпеку цих областей щодо руйнування.

Таблиця 1. Порівняння пар тертя ендопротезів кульшового суглобу

	Переваги	Недоліки
Кераміка-поліетилен	Допускає широкий кут нахилу чашки	Відносно невеликий діаметр голівки - до 32 мм Відносно легко стирається Продукти тертя помірно токсичні
Метал-метал	Висока стійкість до зношення Можна використовувати головки великого діаметру 36 мм и більше (як наслідок - велика амплітуда рухів и стабільність)	Висока вартість Висока токсичність продуктів тертя (головний недолік) Пара чутлива до орієнтації чашки: нахил має бути не більше 50°
Кераміка-кераміка	Дуже висока стійкість до зношення Можна використовувати головки великого діаметра Продукти тертя нетоксичні	Ризик крихкого руйнування головки. Висока вартість Може скрипіти



а)



б)

Рис. 1. Картина максимальних напружень та їх місце розташування на керамічному елементі головки: а) керамічний елемент головки з кріпильним отвором у вигляді конуса морзе; б) керамічний елемент головки у вигляді оболонки.

Виходячи з вищенаведеного, було розроблено багатошарову конструкцію головки ендопротезу кульшового суглобу (рис.2).

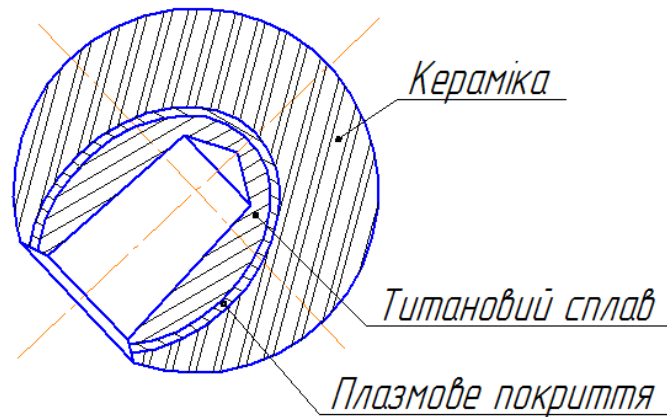


Рис. 2. Багатошарова конструкція головки ендопротеза кульшового суглобу

Запропонована конструкція головки ендопротеза складається з трьох шарів: перший шар – керамічний, внутрішня поверхня якого не має концентраторів напружень; другий шар – теплопровідний матеріал, нанесений плазмовим напиленням (його функція: уникнути концентрації теплових напружень під час подальшого заповнення порожнини титановим сплавом за допомогою лазерного наплавлення); третій шар – титановий сплав, в якому формується посадковий отвір, що контактує з штифтом.

Переваги зазначеної конструкції головки полягають у тому, що товщина шару кераміки має достатню величину, яка забезпечує їй необхідну міцність і жорсткість при існуючих навантаженнях, що впливають на суглоб. Наявність металевої серцевини усуває виникнення руйнівних деформацій розтягу і напружень в керамічному шарі, навіть при дії динамічних навантажень. Крім того титановий сплав ВТ-1-0 має питому вагу майже в 2 рази нижче в порівнянні з цирконієвою керамікою, що тим самим знижує масу головки. Разом з тим, завдяки однорідному матеріалу серцевини головки і шийки ніжки, яка теж виготовляється з титанового сплаву ВТ-1-0, між ними відсутній електролітична пара в умовах агресивного середовища організму, що, практично, усуває виникнення фреттінг-корозії між шийкою і голівкою, що дозволяє уникнути додаткового джерела появи частинок зношування.

Список використаних джерел:

1. Heisel, C. Bearing surface options for total hip replacement in young patients / Instr. Course Lect. Hip.-2007p. 103-119.
2. D'antonio J., Dietrich M. Bioceramics and Alternative Bearings in Joint Arthroplasty // 10th BIOLOX® Symposium Proceedings. p.215.